

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété
Intellectuelle
Bureau international



(43) Date de la publication internationale
3 juillet 2003 (03.07.2003)

PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 03/055016 A2

(51) Classification internationale des brevets⁷ : H01S 3/067

Property, 13, av. du Prés. Salvador Allende, F-94117
Arcueil Cedex (FR).

(21) Numéro de la demande internationale :

PCT/FR02/04399

(74) Mandataires : CHAVERNEFF, Vladimir etc.; Thales
Intellectual Property, 13, av. du Prés. Salvador Allende,
F-94117 Arcueil Cedex (FR).

(22) Date de dépôt international :

17 décembre 2002 (17.12.2002)

(81) États désignés (national) : AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ,
BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ,
DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM,
HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK,
LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX,
MZ, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SK,
SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU,
ZA, ZM, ZW.

(25) Langue de dépôt :

français

(26) Langue de publication :

français

(30) Données relatives à la priorité :

01/16696 21 décembre 2001 (21.12.2001) FR

(84) États désignés (régional) : brevet ARIPO (GH, GM, KE,
LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), brevet
eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), brevet
européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI,
FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SI, SK, TR),
brevet OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW,
ML, MR, NE, SN, TD, TG).

(71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) :
THALES [FR/FR]; 173, boulevard Haussmann, F-75008
Paris (FR).

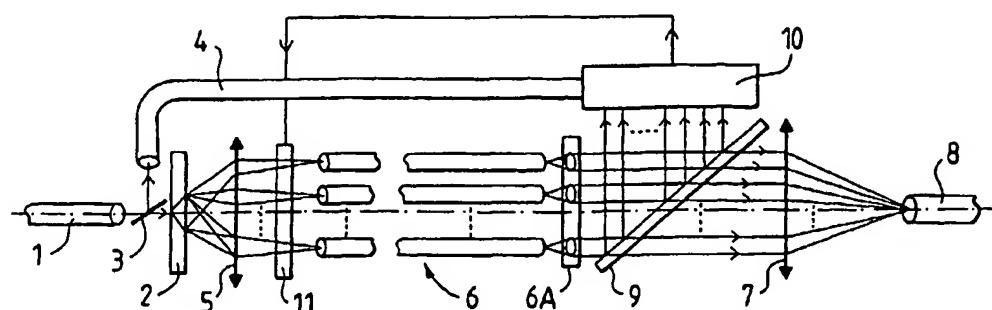
[Suite sur la page suivante]

(54) Title: AMPLIFYING AND PHASING DEVICE FOR POWER LASER SOURCES

(54) Titre : DISPOSITIF D'AMPLIFICATION ET DE MISE EN PHASE POUR SOURCES LASER DE PUISSANCE



WO 03/055016 A2



(57) Abstract: The invention concerns an amplifying and phasing device for power laser sources comprising, at the output (1) of a laser source to be amplified, a spatial dispersion device (2) followed by N amplifying optical fibers (6), N being a function of the desired gain for the amplifier device and of the gain of optical fibers, a signal sampling device at the output of each of said optical fibers (9) followed by a wavefront analyzing and phase correcting device (10) connected to a spatial modulator (11) interposed between the dispersive device and the inputs of the N optical fibers.

(57) Abrégé : Selon l'invention, le dispositif d'amplification de puissance pour sources laser comporte, à la sortie (1) d'une source laser à amplifier, un dispositif à dispersion spatiale (2) suivi de N fibres optiques amplificatrices (6), N étant fonction du gain relatif recherché pour le dispositif amplificateur et du gain des fibres optiques, un dispositif de prélèvement de signal à la sortie de chacune de ces fibres optiques (9) suivi d'un dispositif analyseur de fronts d'onde et de correction de phase (10) relié à un modulateur spatial (11) interposé entre le dispositif dispersif et les entrées des N fibres optiques.



Publiée :

— *sans rapport de recherche internationale, sera republiée dès réception de ce rapport*

En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.

DISPOSITIF D'AMPLIFICATION ET DE MISE EN PHASE POUR SOURCES LASER DE PUISSANCE

La présente invention se rapporte à un dispositif d'amplification et de mise en phase pour sources laser de puissance.

Les sources laser de puissance à usage général actuellement disponibles, souvent du type à fibre optique monomode fortement dopée à

5 l'Erbium, délivrent des puissances maximales d'environ 50W. Or, les utilisateurs industriels voudraient disposer, dans certaines applications, de sources laser de puissances nettement plus élevées, par exemple d'au moins 500W, ou même de plus de 1kW, ce que l'on ne sait pas réaliser actuellement, même avec des amplificateurs.

10 La présente invention a pour objet un dispositif d'amplification et de mise en phase pour sources laser de puissance qui puisse délivrer des puissances d'au moins 500W, et même bien davantage, dispositif qui, sans être trop onéreux, soit d'utilisation facile, le moins encombrant possible et ne perturbe pas les qualités du faisceau laser qu'il amplifie.

15 Le dispositif conforme à l'invention comporte, à la sortie d'une source laser à amplifier, un dispositif à dispersion spatiale suivi de N fibres optiques amplificatrices, N étant fonction du gain relatif recherché pour le dispositif amplificateur et du gain des fibres optiques, un dispositif de prélèvement de signal à la sortie de chacune de ces fibres optiques suivi d'
20 un dispositif analyseur de front d'onde et de correction de phase relié à un modulateur spatial interposé entre le dispositif dispersif et les entrées des N fibres optiques.

La présente invention sera mieux comprise à la lecture de la description détaillée d'un mode de réalisation, pris à titre d'exemple non limitatif et illustré par le dessin annexé, sur lequel :

- la figure 1 est un bloc-diagramme d'un dispositif amplificateur conforme à l'invention,
- la figure 2 est une vue simplifiée en bout de l'ensemble de fibres optiques amplificatrices, alignées sur une seule ligne, du dispositif de la figure 1,
- la figure 3 est une vue simplifiée en bout de l'ensemble de fibres optiques, disposées en matrice rectangulaire, du dispositif de la figure 1, et

- la figure 4 est une vue partielle et simplifiée d'une variante du dispositif de la figure 1.

On a représenté en figure 1 le bloc-diagramme d'un mode de réalisation du dispositif amplificateur de l'invention. Une fibre optique 1, qui 5 est la fibre de sortie d'un oscillateur laser classique (non représenté) de puissance (de quelques Watts ou quelques dizaines de Watts, par exemple) à fibre optique dopée, éclaire un dispositif de dispersion spatiale 2. Ce dispositif 2, par exemple de type holographique connu en soi, produit N faisceaux ($N = 10$ à 100 , par exemple) à partir du faisceau unique qu'il reçoit 10 de la fibre 1. Un miroir semi-réfléchissant 3 est interposé entre la sortie de la fibre 1 et le dispositif 2. Ce miroir 3 préleve une faible partie du faisceau laser sortant de la fibre 1 et l'envoie vers une fibre optique 4.

Les N faisceaux sont repris par une matrice de micro-lentilles 5 dont le plan focal objet est confondu avec la face de sortie du dispositif 2, et 15 envoyés sur N fibres optiques amplificatrices référencées 6 dans leur ensemble. Ces N faisceaux, ayant avantageusement tous la même puissance, sont soit régulièrement alignés en une seule ligne, soit disposés en lignes et colonnes pour former une matrice rectangulaire. La disposition des faces d'entrée des fibres de l'ensemble 6 correspond, bien entendu, à 20 celle des faisceaux repris par la matrice de micro-lentilles 5. Ces faces d'entrée sont soit alignées sur une seule ligne (voir en figure 2 la disposition L des faces d'entrée F1 à FN des N fibres de l'ensemble 6, dans le cas où les N faisceaux sont alignés), soit disposées en configuration matricielle rectangulaire en lignes et colonnes (voir en figure 3 la disposition matricielle 25 M des faces d'entrée F1.1 à FK.H pour une matrice à H lignes et K colonnes, avec $K.H=N$) Ces fibres 6, du type à dopage à l'Erbium ou à l'ytterbium par exemple, amplifient chacune le faisceau qu'elles reçoivent avec un gain de 20 à 30 dB par exemple. A la sortie des fibres 6, on dispose une matrice 6A de microlentilles qui génère un plan de phase. La matrice 6A est suivie d'une 30 lame séparatrice 9 à 45° et d'une lentille sphérique 7 focalisant le faisceau de sortie sur une fibre optique unique de sortie 8. La lame 9 préleve une faible partie des faisceaux correspondants (quelques pourcents). Cette lame 9 est disposée de façon que les faisceaux qu'elle réfléchit soient tous dirigés vers un analyseur de fronts d'ondes 10 (interféromètre à décalage, par 35 exemple). L'analyseur 10 reçoit éventuellement un faisceau de référence lui

parvenant par la fibre optique 4. La sortie de l'analyseur 10 est reliée à un modulateur spatial 11 interposé entre la matrice de miroirs 5 et les entrées de fibres 6. Ce modulateur 11 est, dans le cas présent, un écran à cristaux liquides fonctionnant en transmission. Ses forme et dimensions 5 correspondent à celles de la face d'entrée de l'ensemble de fibres 6, c'est-à-dire qu'il est soit « unidimensionnel » (comme représenté en figure 2), soit rectangulaire (comme représenté en figure 3).

Le dispositif décrit ci-dessus fonctionne de la manière suivante. Le faisceau d'entrée, à relativement basse puissance (quelques dizaines de 10 Watts au maximum), arrivant par la fibre optique 1, est divisé en N faisceaux envoyés chacun sur une fibre correspondante de l'ensemble 6. Chacune des N fibres amplifie le faisceau qu'elle reçoit, et à la sortie de l'ensemble 6 on obtient N faisceaux dont la somme des puissances individuelles peut s'élever à quelques centaines de Watts, ou même à quelques kilowatts, 15 suivant le nombre N de fibres optiques et leur gain. Cependant, en l'absence du dispositif d'asservissement de phase incluant l'analyseur 10, les fronts d'onde de ces N faisceaux sont quelconques les uns par rapport aux autres (en particulier du fait des déphasages différents introduits par le dispositif 2 et des dispersions de caractéristiques des fibres de l'ensemble 6). Pour 20 remettre en phase les différents N faisceaux, l'invention prévoit l'utilisation d'un dispositif d'asservissement de phase. Ce dispositif d'asservissement comporte la lame séparatrice 9 prélevant une faible partie du faisceau de sortie de chacune des fibres 6, qui est envoyée à l'analyseur 10. Cet analyseur peut recevoir, en tant que référence relative de phase, un faisceau 25 provenant de l'oscillateur alimentant la fibre 1. Ce faisceau peut être prélevé par un miroir 3, comme représenté en figure 1, ou bien être prélevé directement dans l'oscillateur. L'analyseur 10 envoie des signaux électriques de correction à chacune des cellules du modulateur spatial 11, afin de retarder plus ou moins les fronts d'onde des différents faisceaux qui lui 30 parviennent de la matrice 5, afin qu'à la sortie de l'ensemble de fibres optiques 6 tous les fronts d'onde des différents faisceaux soient en phase. On obtient ainsi à la sortie de l'ensemble 6, en considérant l'ensemble des faisceaux dans l'espace, une onde plane, et par conséquent, le faisceau sortant de la fibre optique 8 est de forte puissance, et sa brillance est 35 maximale, grâce à la mise en phase des différents faisceaux individuels.

sortant des fibres de l'ensemble 6. Les fonctionnements de l'analyseur 10 et du modulateur spatial 11 étant bien connus en soi, ne seront pas décrits plus en détail ici.

On notera que, grâce au fait que le modulateur spatial 11 est 5 disposé en amont des fibres amplificatrices 6, il n'est soumis qu'à une faible puissance; et ne risque pas d'être détérioré par surexposition à un faisceau optique de puissance.

Selon une variante du dispositif de l'invention (non représentée), le dispositif 2 peut être du type à réflexion. De même, le modulateur spatial 10 11 peut être du type à réflexion.

Selon encore une autre variante du dispositif de l'invention, partiellement représentée en figure 4, on remplace le dispositif holographique 2 et la lentille 5 par un télescope 12 et une matrice 13 de microlentilles, le modulateur spatial 11 étant disposé entre le télescope 12 et la matrice 13.

REVENDICATIONS

1. Dispositif d'amplification et de mise en phase pour sources laser de puissance, caractérisé en ce qu'il comporte, à la sortie (1) d'une source laser à amplifier : un dispositif à dispersion spatiale (2) suivi de N fibres optiques amplificatrices (6), N étant fonction du gain relatif recherché
5 pour le dispositif amplificateur et du gain des fibres optiques, un dispositif de prélèvement de signal à la sortie de chacune de ces fibres optiques (9) suivi d'un dispositif analyseur de fronts d'onde et de correction de phase (10) relié à un modulateur spatial (11) interposé entre le dispositif dispersif et les entrées des N fibres optiques, et un dispositif de recombinaison de faisceaux
10 optiques individuels amplifiés (7).

2. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comporte, entre le modulateur spatial et les entrées des N fibres optiques, une matrice de micro-lentilles (5) dont la disposition correspond à celle de ces fibres optiques

15 3. Dispositif selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que les fibres optiques amplificatrices sont disposées en ligne (L).

4. Dispositif selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que les fibres optiques amplificatrices sont disposées en matrice rectangulaire (M).

20 5. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le dispositif de dispersion spatiale est de type holographique (2).

25 6. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que le dispositif à dispersion spatiale comporte un télescope (12) et une matrice de microlentilles (13).

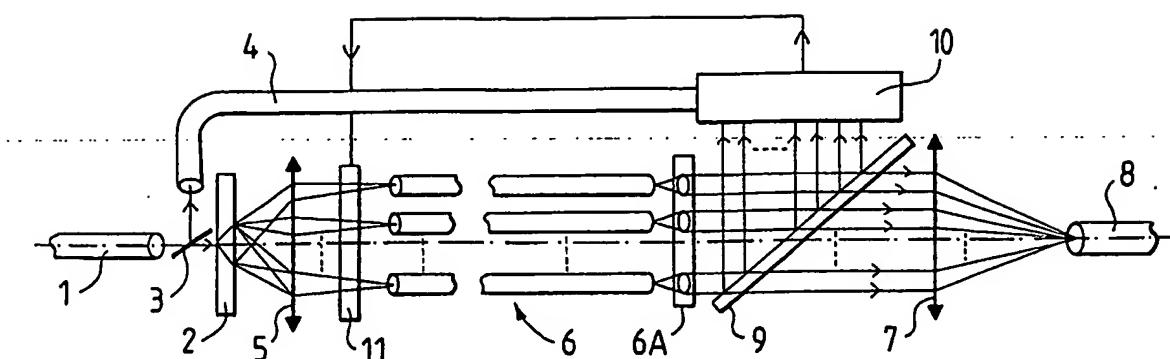


FIG.1

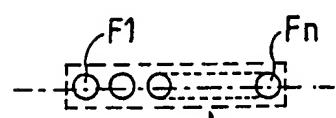


FIG.2

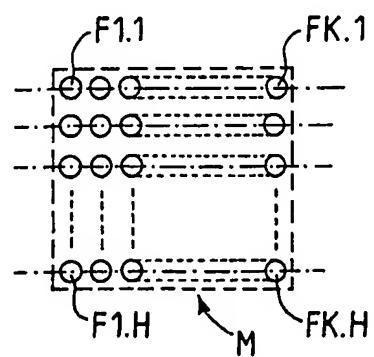


FIG.3

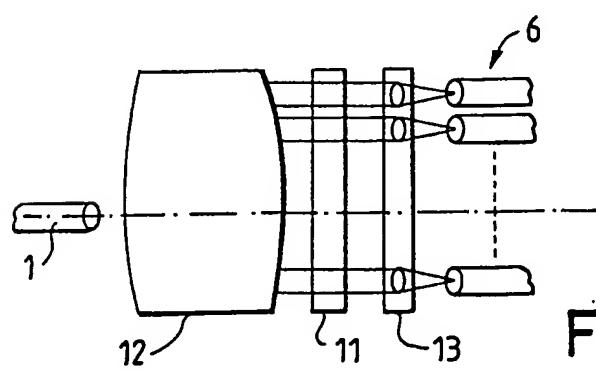


FIG.4